

GALILEO SISTEMOS PANAUDOJIMO BEPILOČIŲ IR LENGVŲJŲ ORLAIVIŲ
NAVIGACIJAI LIETUVOS SKRYDŽIŲ ZONOJE (FIR) GALIMYBIŲ TYRIMAS

Evaldas Solovjovas

VGTU AGAI Aviacijos prietaisų katedra

El.p. evaldas.solovjovas@stud.vgtu.lt

Santrauka. Straipsnyje aptariamas GALILEO ir GPS navigacijos sistemų tikslumas bei GPS sistemos tikslumo tyrimas ir jo palyginimas su dabartinio išvystymo lygio GALILEO sistemos tikslumu. Navigacijos NMEA pranešimų išsaugojimas ir panaudojimas vartotojo vietos tikslumui nustatyti. Gautų duomenų pavaizdavimas MatLab programomis.

Reikšminiai žodžiai: GALILEO, NMEA, palydovinė navigacija.

1. Įvadas

GALILEO – tai Europos sąjungos navigacijos sistema, kurios erdvės segmentą sudarys 30 palydovų. Šios sistemos tikslas – pagerinti vietos nustatymo tikslumą ir turėti nepriklausomai veikiančią sistemos atitikmenį kitų šalių analogiškomis sistemoms.

Orlaivių navigacijoje sistemos tikslumas yra aktualus klausimas, kadangi norint pilotuoti orlaivį, reikia gerai žinoti jo vietą erdvėje. Todėl vienas pagrindinių GALILEO sistemos tikslų yra koordinatinių nustatymo tikslumo padidinimas, visų pirma, civiliams vartotojams. Dabartinės sistemos neleidžia naudoti visų jų galimybių civilinėms reikmėms (Galileo ... 2014).

Dabartinės sistemos neleidžia pasiekti norimų rezultatų valdant bepiločius orlaivius, kurie, panaudojus visas sistemų galimybes, automatiškai galėtų skristi iš anksto nustatytu maršrutu. Bepiločiai orlaiviai dažniausiai būna žemuose aukščiuose, todėl mažėja matomų palydovų skaičius ir kaip pasekmė – mažėja vietos nustatymo tikslumas.

Bazinės GPS sistemos (be papildymų) dažnai nepakanka objekto vietai erdvėje nustatyti, kadangi paklaida gali siekti iki 12 – 15 metrų. Jeigu GPS imtuvai veikia su EGNOS pataisomis, tada paklaidą galima sumažinti iki kelių metrų (Factsheets ... 2011).

Palydovų siunčiamiems signalams įtaką daro ne tik meteorologinės sąlygos, bet ir reljefas, todėl bus pateikti duomenys, gauti skirtingose Lietuvos teritorijos vietose, skirtinguose aukščiuose.

Tokiu būdu bus galima palyginti anksčiau kitų tyrėjų gautus rezultatus ir veikiančią GPS sistemą su šiuo metu veikiančia GALILEO sistema, kurią kol kas sudaro keturi palydovai.

Tyrimui buvo naudojamas „Garmin“ gamintojo navigacijos prietaisas *eTrex Venture*[®]. Pirmiausia po matavimų reikalingi duomenys buvo programiškai apdoroti GPSGate programa, vėliau gautieji duomenys apdoroti MatLab terpėje sukurtais programomis ir galiausiai – pateikti gauti rezultatai bei išvados.

2. Metodai

Tyrimo metu bandymai buvo atliekami įvairiomis oro sąlygomis, įvairiuose aukščiuose ir skirtinguose reljefiniuose paviršiuose. Bandymo metu naudotas „Garmin“ *eTrex Venture* navigacijos prietaisas. Gauti navigacijos duomenys saugoti kompiuteryje „Dell Inspiron N5050“.

Duomenims išsaugoti naudota „Franson“ firmos *GpsGate 2.0* programinė įranga. Šios programos dėka galima išsaugoti navigacijos pranešimo žinutes, iš kurių galima nustatyti imtuvo 2D koordinatas, jo esamą aukštį, palydovų kiekį, kurių signalus naudoja imtuvas, ir kitus tyrimui svarbius duomenis.

Surinkus ir apdorojus duomenis tikimasi gauti rezultatus, artimus įprastiniam GPS tikslumui, kadangi naudojama įranga yra tinkama tiksliais matavimams atlikti.

Navigacijos prietaisas į kompiuterį įrašinėja NMEA formato pranešimus (NMEA...2014), kurių kiekvienas prasideda \$ ženklu (*Joe Mehaffey and Jack Yeazel's*). Tipinis pranešimas atrodo taip: \$GPVTG,43.1,T,43.1,M,0.03,N,0.05,K*48, čia GP yra GPS imtuvui skirta žinutė, VTG – vektoriaus kryptis ir greitis. Toliau yra duomenys, kurie nusako šiuos parametrus. Kitiems parametrų pranešimų tipų yra 29, tačiau nagrinėjami ne visi, o tik ta grupė pranešimų, kuri suteikia tyrimui reikalingus duomenis.

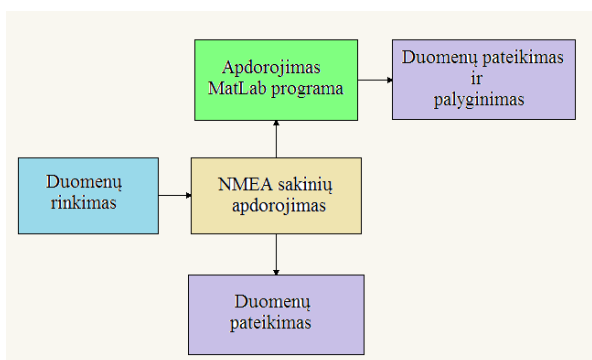
Stebint tokius duomenis kaip palydovų skaičius, ilguma, platumą ir jų keitimasis laike – galima parodyti priklausomybes ir, remiantis jomis, daryti prielaidas GALILEO sistemos atžvilgiu.

Tyrinėjant GALILEO signalus, kuomet orbitoje yra tik keturi palydovai, gauti džiuginantys rezultatai. Vietos nustatymo tikslumas, esant dabartiniam palydovų skaičiui, oficialiais GALILEO duomenimis, yra 10 metrų, o eksperimentuose su GALILEO sistemos signalų imtuvu stacionaraus imtuvo 3D vietos nustatymo paklaidos neviršijo 6 metrų (First ... 2014). Gauti rezultatai yra artimi bazinei GPS sistemai, veikiančiai be pataisų.

MatLab terpėje gauti GPS NMEA sakiniai apdoroti programų rinkiniu, pavadintu *easy2* (Borre 1998), kurį sukūrė Kai Borre ir Kostas Dragūnas. Iš autorių buvo gautas leidimas naudoti jų sukurtą programų rinkinį,

todėl straipsnyje pateikti rezultatai gauti panaudojus būtent *easy2*.

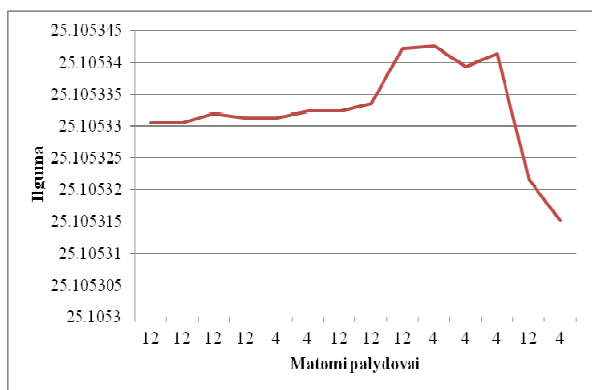
Blokinėje schemoje (1 pav.) matyti eiga ir žingsniai, kuriais vadovaujantis atlikti darbai. Pirmiausia surinkti imtuvų duomenys, kurie apdoroti *GpsGate 2.0* programa (*GpsGate ...2014*) ir gauti NMEA sakiniai tolimesniam apdorojimui. Tolimesniais veiksmais atrinkti NMEA sakiniai, kurie teikia reikalingą informaciją, pavyzdžiui, vietos nustatymą, naudojamų palydovų skaičių, koordinatų nustatymo paklaidas. Stacionariu navigacijos prietaisu gautus duomenis perkėlus į kompiuterį galima pastebėti, kad, laikui bėgant ir keičiantis matomų palydovų skaičiui, ilgumos ir platumos duomenys kito. Taip pat buvo stebėtas ir matomų palydovų skaičiaus kitimas bėgant laikui.



1 pav. Tyrimo blokinė schema

Fig. 1. Study block diagram

Paveiksluose galima stebėti, kaip kito šie parametrai bėgant laikui (2–4 pav.).

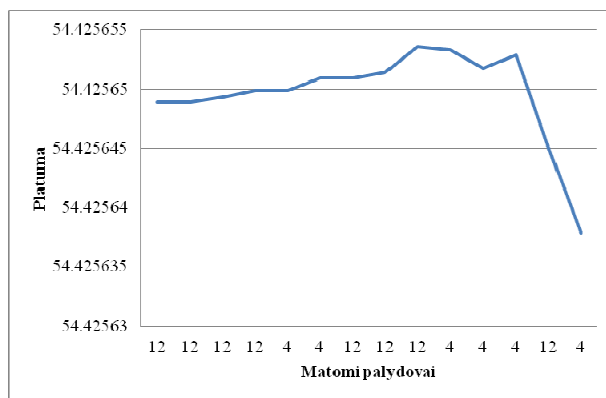


2 pav. Ilgumos pokyčiai

Fig. 2. Changes in longitude

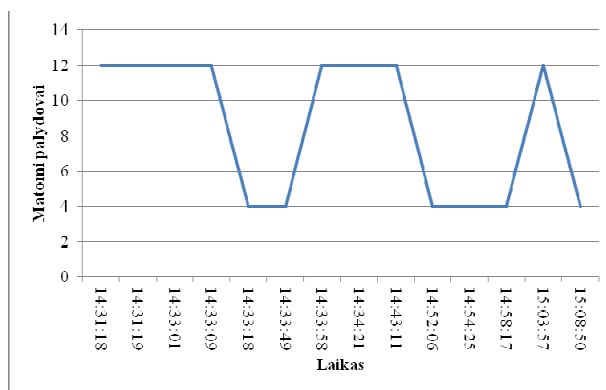
Imtuvo ekrane stebint vietos nustatymo tikslumą buvo rodoma, kad vietos nustatymas gali turėti $\pm(6 - 9)$ metrų paklaidą. Paveiksluose galima stebėti pokyčius, kurie atsirado nustatant imtuvo vietą.

Taip pat tyrimo metu kito ir matomų palydovų skaičius. Tam galėjo turėti įtakos ilgumos bei platumos pokyčiai. Pokyčius galėjo lemti ir jonosferos bei troposferos įtaka.



3 pav. Platumos pokyčiai

Fig. 3. Changes in latitude



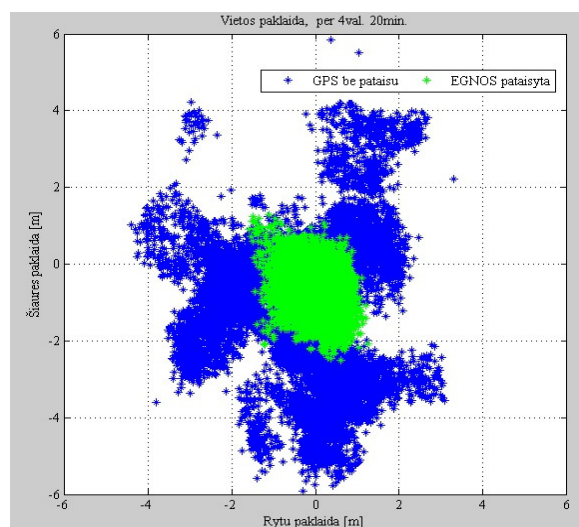
4 pav. Matomų palydovų kiekis

Fig. 4. Number of visible satellites

3. Tyrimas

Gauti tyrimo duomenys palyginti su informacija, gauta iš Kai Borre kartu su *easy2* programėlių paketu.

Duomenys buvo renkami 4 valandas 20 minučių. Tyrimo rezultatai matyti paveiksle (5 pav.). Rezultatai rodo, kaip skiriasi GPS signalų tikslumas be įvedamų pataisų ir su įvestomis pataisomis.



5 pav. GPS imtuvo vietos paklaida

Fig. 5. GPS receiver location error

Šių tyrimų rezultatai rodo, kad ir stacionaraus imtuvo vieta yra nustatoma su paklaidomis. Rezultatai pateikti lentelėje.

Lentelė. Bandymų rezultatai
Table. Analysis data

Matomi palydovai	Platuma	Ilguma	Laikas
12	54.4256489	25.1053304	14:31:18
12	54.4256489	25.1053304	14:31:19
12	54.4256493	25.1053319	14:33:01
12	54.4256499	25.1053313	14:33:09
4	54.4256499	25.1053313	14:33:18
4	54.4256509	25.1053324	14:33:49
12	54.4256509	25.1053324	14:33:58
12	54.4256514	25.1053336	14:34:21
12	54.4256536	25.1053422	14:43:11
4	54.4256533	25.1053426	14:52:06
4	54.4256518	25.1053393	14:54:25
4	54.4256529	25.1053413	14:58:17
12	54.4256451	25.1053216	15:03:57
4	54.4256379	25.1053151	15:08:50

Kadangi imtuvas kompiuteriui informaciją perduoda kiekvieną sekundę, lentelėje pateikta sutrumpinta informacija.

4. Išvados

Tyrimo metu imtuvo darbas buvo stebimas geromis meteorologinėmis sąlygomis, kuomet buvo mažai debesuota. Tačiau net ir su įjungtomis EGNOS pataisomis buvo stebimos apie 6 metrų vietos nustatymo paklaidos.

Išanalizavus NMEA sakinius, buvo sudaryti grafikai, kuriuose matyti, kaip kinta platumos ir ilgumos duomenys ir matomų palydovų skaičius. Imtuvo vietos nustatymo paklaidoms taip pat įtakos turi jonosferos ir troposferos sluoksniai. Esant EGNOS pataisoms, vietos nustatymo tikslumas padidėja (5 pav.).

Tyrimo duomenimis, vien signalais iš palydovų negalima pakankamai tiksliai nustatyti imtuvo vietos. Tiksliesniam vietos nustatymui yra būtina įvesti pataisas, kurias teikia, pvz., EGNOS sistema ir kurios leidžia patikslinti tiek bazinės GPS, tiek GALILEO sistemų matavimų rezultatus.

Literatūra

Factsheets: GPS Advanced Control Segment (OCX) [online] 2011. Los Angeles.af.mil. October 25. [cited 6 November 2011]. Available from Internet: <http://losangeles.af.mil/library/factsheets/fatsheet.asp?id=18676>

GALILEO nauda [interaktyvus] 2014. [žiūrėta 2014 m. kovo 14 d.]. Prieiga per internetą: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/open-service/index_en.htm

First positioning fix using Galileo. [interaktyvus] 2014. [žiūrėta 2014 m. kovo 31 d.]. Prieiga per internetą: <http://gnss-sdr.org/node/54>

GpsGate programa ir kūrėjų tinklalapis [interaktyvus] 2014. [žiūrėta 2014 m. kovo 23 d.]. Prieiga per internetą: <http://gpsgate.com/solutions>

Borre, K. *Easy2 Matlab Suite*. Samara State Aerospace University.

NMEA [interaktyvus] 2014. [žiūrėta 2014 m. kovo 24 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm#GSA>

ANALYSIS OF POSIBILITIES OF GALILEO SYSTEM USAGE FOR UAV NAVIGATION IN THE LITHUANIA FIR

E. Solovjovas

Summary

Accuracy of GALILEO and GPS navigation systems are discussed in the article. Accuracy of GPS is analyzed and it is compared with the accuracy of GALILEO system at its present degree of development. Saving of NMEA sentences and their usage for user position accuracy evaluation. Presentation of received data by MatLab software. Discussion of measurement results.

Key words: GALILEO, NMEA, satellite navigation.